

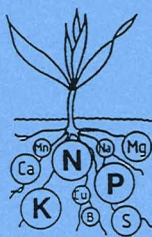


Långtidsverkan hos markens kopparförråd

Long-term copper maintenance

Jan Persson

Käll Carlgren



Institutionen för markvetenskap
Avd för växtnäringslära

Swedish University of Agricultural Sciences
Dept. of Soil Sciences
Division of Soil Fertility

Rapport 204
Report

Uppsala 2003
ISSN 0348-3541
ISRN SLU-VNL-R—204-SE

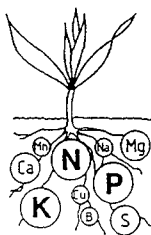


Långtidsverkan hos markens kopparförråd

Long-term copper maintenance

Jan Persson

Käll Carlgren



Institutionen för markvetenskap
Avd för växtnäringslära

Swedish University of Agricultural Sciences
Dept. of Soil Sciences
Division of Soil Fertility

Rapport 204
Report

Uppsala 2003
ISSN 0348-3541
ISRN SLU-VNL-R—204-SE

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Abstract	4
Sammanfattning	5
Inledning	6
De skånska bördighetsförsöken – växtföljder och gödsling	7
Parallella kärlförsök – försöksplan och metodik	8
Resultat	10
Skörd av kärna och halm	10
Kopparhalter och kopparupptag	14
Gödslingseffekter i fältförsöken	14
Diskussion	19
Konklusion	21
Litteratur	22
Bilagor	23

Abstract

- The copper status was investigated in long-term experiments – pot experiment and field experiments.
- Treatments with crops fertilized with copper were compared with treatments with crops not fertilized with copper in a pot experiment.
- NPK fertilized treatments were compared with treatments not fertilized with NPK for many years in field experiments.
- On some soils, copper fertilization resulted in large effects.
- The Baltic moraines were not affected very much
- However, there was a tendency for a positive long-term Cu-effect in most soils.
- Lack of available copper was very severe in two soils
- The straw yields were not influenced by copper shortage to the same extent as kernel yields.
- Results from the pot experiment were confirmed by analyses of wheat from the field experiments.

Sammanfattning

- Kopparhushållningen har studerats i långliggande försök – kärlförsök och fältförsök.
- I kärlförsök jämfördes koppargödslade led med icke koppargödslade led.
- I fältförsök har NPK-gödslade led jämförts med led som inte NPK-gödslats under lång tid.
- På några försöksjordar var effekten av koppargödsling mycket stor. Här förelåg en utarmning av markens växttillgängliga kopparförråd om koppar inte tillfördes. De baltiska moränerna motstod utarmning bäst.
- Dock fanns tendens till positiv koppareffekt över tiden på flertalet jordar i kärlförsöket. Orsaken kan vara tillfällig nedgång i en växttillgänglig fraktion vid intensiv odling.
- På två jordar var kopparbristen mycket allvarlig.
- Halmskördarna påverkades mycket mindre av kopparbrist än kärnskördarna.
- Resultaten från kärlförsöket bekräftades av analyser utförda på vete och matjord från fältförsöken.
- Fortfarande synes 8 mg kg^{-1} koppar vara en acceptabel gräns för tillfredsställande koppartillstånd. Denna fraktion är inte homogen. Allt är inte direkt växttillgängligt.

Inledning

Skördarna i svenskt jordbruk har ökat dramatiskt under de senaste decennierna. Flera orsaker till detta kan anföras. En starkt bidragande orsak är kraftig näringstillförsel med mineralgödsel sedan 1950-talet. I huvudsak är det kväve, fosfor och kalium som tillförts. Behovet av att gödsla med mikronäringsämnen är inte generellt dokumenterat på samma sätt som för kväve, fosfor och kalium. Därför gödslas inte rutinmässigt med mikronäringsämnen. I debatten har det framförts farhågor för att åkermarken kan komma att utarmas med avseende på mikronäring. Detta mot bakgrund av att man för bort mycket växtnäring, makronäringsämnen och mikronäringsämnen, med stora skördar framodlade med hjälp av kväve, fosfor och kalium. Denna problematik har inte belysts med svenska fältförsök.

Helt bortglömd är dock inte mikronäringen. Med start år 1945 genomförde Statens Jordbruksförsök ca 600 fältförsök på mineraljordar för att belysa behovet av att gödsla med mikronäringsämnen. Dessa försök resulterade i rådgivning, som i stort sett står sig ännu i dag (Lundblad & Johansson, 1956). Normalt gödslas med bor till oljeväxter. Gödsling med mangan är också en vanlig åtgärd. Denna motiveras emellertid inte av för små mängder mangan i marken utan av att manganet är otillgängligt för grödan.

Det är känt att koppar är begränsande på vissa jordar, inte minst på många mulljordar och lätta mineraljordar (Lundblad 1939). Här blir markanalysen vägledande för åtgärder. Lundblad et al (1949) beskrev en metod för bestämning av koppar i mulljord. Man utgick ifrån att koppars förekomst i utbytbar form bunden till humuskolloider – mer eller mindre växttillgänglig. Analysen innebar en fullständig oxidation av det organiska materialet. Man uppslöt jorden med salpetersyra och överklorsyra.

För mineraljordar är markanalysen inte lika välprövad. Stenberg et al. (1949) gjorde en stor sammanställning av försök med koppar på mulljordar och mineraljordar. Författarna beaktade skördens storlek, grödans kopparhalt och markens kopparinnehåll. Samma analysmetod användes för mineraljordar som för mulljordar, dvs uppslutning med överklorsyra. Man menade att den ”inne i mineraler gitterbundna koppars inte inbegripes i analysvärdet”. Där- emot innefattas en del ”ytligt gitterbundna koppar”. Fältförsök visade att gödslingsbehov förelåg om kopparinnehållet i mulljordar var 15 kg per hektar koppar eller lägre. För mineraljordar fanns inget behov om kopparinnehållet var 20 kg eller mer per hektar.

Numera används inte uppslutning med överklorsyra vid analys av mineraljordar. I stället extraheras jorden med varm 2 M HCl. Om jorden innehåller mindre än 8 mg koppar per kg anses brist föreligga. Med volymvikten 1,25 och 20 cm matjordslager betyder detta 20 kg per hektar. Här finns alltså en anknytning till överklorsyrametoden. Det är osäkert hur väl metoden är förankrad i resultat från vegetationsförsök.

Normalt är grödans upptag av koppar avsevärt mindre än 100 g per hektar. Det är en liten mängd jämfört med den mängd som bör finnas i marken för att brist inte ska föreligga. Det är tydligt att all koppar i marken inte är lika tillgänglig. Det är också en liten mängd i jämförelse med rekommenderad koppargödsling i bristsituationer. Jordbruksverket rekommenderar 5 – 10 kg koppar per hektar i kopparsulfat eller kopparoxiklorid. Detta höjer kopparinnehållet i jorden med 2 – 4 mg Cu per kg.

Syftet med föreliggande undersökning var att bestämma den långsiktiga kopparhushållningen på mineraljordar – pågår en utarmning av kopparförrådet även på goda jordar, där stora skördar utvinnes som en följd av kraftig gödsling?

Hypoteser: Cu-förrådets uthållighet varierar med jordarten.
Cu-brist accentueras över tiden.
Höga skördar befrämjar Cu-brist.
Cu-gödsling motverkar effektivt sänkt skörd på grund av kopparbrist.
Kopparhalten i kärna och halm ökar kraftigt efter Cu-gödsling.

De skånska bördighetsförsöken – växtföljder och gödsling

År 1956 startades de så kallade bördighetsförsöken i Skåne. De förlades till 6 jordartsmässigt olika platser – Fjärdingslöv, Orup, Västraby, Örja, Ugglarp, Ekebo (Jansson, 1975; Ivarsson & Bjarnason, 1988; Carlgren & Mattsson, 2002). Dessa försök följdes senare av ytterligare fältförsök i Mälarregionen, Östergötland och Västergötland. Försök av samma karaktär startades också i Norrland, dock med avvikande försöksplan.

De skånska bördighetsförsöken omfattar två växtföljder och fyra växt-näringsnivåer med två samrutor enligt följande försöksplan:

Växtföljder / *crop rotations*:

Med kreatur / *with livestock*

Korn / *barley*
Vall / *ley*
Höstvete / *winter wheat*
Sockerbeta / *sugar beet*

Utan kreatur / *without livestock*

Korn / *barley*
Oljeväxter / *oil seed*
Höstvete / *winter wheat*
Sockerbeta / *sugar beet*

PK-gödsling / *PK-fertilization*

A. Ingen PK / *no PK*
B. Ersättning / *replacement*
C. Ersättning + 15 P och 40 K /
replacement + 15 P and 40 K
D. Ersättning + 30 P och 80 K /
replacement + 30 P and 80 K

Medelgiva av N $\text{kg ha}^{-1} \text{år}^{-1}$
Mean N levels $\text{kg ha}^{-1} \text{year}^{-1}$

0. 0
1. 50
2. 100
3. 150

Parallella kärlförsök – försöksplan och metodik

År 1966 startades en kärlförsöksserie i anslutning till bördighetsförsöken i Skåne. Grundprincipen i försöksplanen överensstämde med fältförsöksplanen. Således prövades två växtföljder. Till skillnad från fältförsöksplanen var fosfor och kalium inte kopplade. Samtliga kombinationer av N, P, och K ingick således i försöksplanen. Vidare förekom två mikronäringsnivåer i NPK-ledet – med och utan mikronäring. Växtföljden skiljde sig från fältförsöksplanen genom att höstvetet ersattes med vårvete. Höstvete klarar inte vintern i kärlförsök. Stallgödsel förekom inte i någon växtföljd. I fältförsöket gavs stallgödsel till sockerbetar i växtföljden med kreatur.

Bortsett från 0-ledet tillfördes årligen till varje kärl 600 mg N i NH_4NO_3 , 2 g superfosfat och 1,5 g K i K_2SO_4 .

Mikronäring tillsattes i ett av NPK-leden med en lösning med följande sammansättning, g l^{-1} :

3,60 g $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	1188 mg l^{-1} Mn
5,20 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$	1352 mg l^{-1} Cu
6,00 g $\text{ZnSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	1380 mg l^{-1} Zn
2,00 g borax	240 mg l^{-1} B

Vattning skedde vid behov med totalavsaltat vatten. Jordprover togs årligen. Detta betydde att jordmängden minskade successivt till inemot hälften i kär-
len. Grödan analyserades varje år med avseende på N, P och K. Lite oregel-
bundet analyserades kopparinnehållet, vissa år halm och kärna, andra år en-
dast halm. Stråsåden tröskades varvid kärna och halm vägdes var för sig. Se-
nap, klöver och sockerbetor skördades som grönmassa.

I en separat studie visade det sig att jordmängden hade stor betydelse för re-
sultatet i försöksled med svag gödsling. I led med kraftig gödsling hade
jordmängden liten betydelse (Schoeps, pers. medd.). I föreliggande under-
sökning beaktades endast de försöksled, där mikronäringsfaktorn var in-
begripen, dvs NPK-leden. Det var alltså fråga om kraftigt gödslade led. Där-
för togs inte hänsyn till jordvolymfaktorn.

Av mikronäringsämnen beaktades endast koppar. Det var inte meningsfullt
att beakta zink eftersom kärnen var uppställda i en öppen försöksgård täckt
med galvaniserat nät. Inte heller var det meningsfullt att beakta bor eftersom
odlingen skedde i Mitscherlichkärl, vars emalj innehåller bor. När det gäller
dessa båda mikronäringsämnen torde ingen brist föreligga av ovannämnda
skäl. Det var inte meningsfullt att beakta dem i sammanställningen också av
den anledningen att man inte kan kontrollera tillförseln. Brist på mangan
förorsakas normalt inte av för små mängder mangan i jorden utan av pro-
cesser som överför manganet i icke växttillgänglig form. I det här aktuella
försöket sprutade man alla kärl med mangansulfat vid manganbrist. Inte hel-
ler manganet behandlas därför i sammanställningen. Därför behandlas endast
koppar.

Gödsling med mikronäring utfördes vid två tillfällen, nämligen åren 1974
och 1976. Då tillfördes 25 resp. 10 ml av mikronäringslösningen. Försöket
hade således pågått under 8 år när gödsling skedde. Då tillfördes 3,25 resp.
1,3 mg koppar per kärl, tillsammans 4,55 mg koppar.

Denna framställning koncentreras till spannmålsskördarna, dvs endast vart annat år är representerat. Oljeväxter, sockerbetor och klöver behandlas således inte.

Resultat

Skörd av kärna och halm

Tabell 1 sammanfattar kärn- och halmskördarna över de 10 skördeår som sammanställningen omfattar. Siffrorna avser g per kärl och medeltal för samtliga år. Det framgår av tabellen att effekt av koppargödsling uppträdde främst för kärnskördarna, medan det var betydligt mera sällan med signifikanta försöksledsvisa skillnader för halmen. Signifikanta försöksledsvisa skillnader i kärnskördarna förelåg med stor konsekvens på jordarna från Ekebo och Orup och de absoluta skillnaderna mellan försöksleden på de jordarna var mycket stora. I stort sett var skördarna dubbelt så stora i Cu-gödslade led. Signifikanta skillnader i kärnskörd fanns också på ytterligare några jordar men inte med samma konsekvens (gäller exempelvis inte båda växtföljderna) och framför allt de absoluta skillnaderna var betydligt mindre än på jordarna från Ekebo och Orup. Signifikanta skillnader mellan halmskördarna i de båda försöksleden inträffade endast sporadiskt och de absoluta skillnaderna mellan leden var små.

Växtföljdseffekterna var inte konsekventa. För Fjärdingslöv och Ugglarp var skillnaderna mellan leden signifikanta för både kärna och halm i en av växtföljderna men denna signifikans inträffade olika för de båda växtföljderna.

I bilaga 1 – 6 redovisas resultaten för de enskilda åren. Bilagorna bekräftar resultaten i den sammanfattande tabellen (tabell 1). Gödslingseffekterna var stora i Ekebo och Orup och dessa skillnader gällde nästan uteslutande kärnskördarna. För Orup tilltog gödslingseffekten med tiden och de sista åren blev det missväxt i ogödslat led.

För att erhålla en bild av hur gödslingseffekten utvecklade sig över tiden beräknades relativtal där skörden i ej mikronärings gödslat led sattes till 100 och skörden i gödslat led relaterades till detta för varje år. Relativtalen redovisas i tabellerna 2 – 5. Detta material underkastades regressionsanalys. Resultaten av dessa analyser presenteras i bilaga 7-12. Tabeller och grafer avser medeltal av båda växtföljderna. På grund av de ibland mycket höga relativtalen som erhöles på grund av missväxt i ogödslat led för Orup och Ekebo har relativtalen för dessa platser logaritmerats. Materialet måste omgärdas

Tabell 1. Medelskörd i gödslade och icke gödslade led i kärnförsöket g kärn⁻¹. Medeltal följda av samma bokstav är ej signifikant skilda
 Table 1. Average yield in fertilized and not fertilized treatments in the pot experiment, g pot⁻¹. Means followed by the same letter are not significantly different

Jord Soil	Led Treatment	Växtföljd I <i>Crop rot I</i>		Växtföljd II <i>Crop rot II</i>	
		Kärna Kernel	Halm Straw	Kärna Kernel	Halm Straw
Fjärd,I	NPK	A 31,4	A 37,3	A 24,6	A 32,3
	NPK mi	A 32,0	A 37,4	B 28,5	B 34,7
Orup	NPK	A 16,2	A 34,7	A 15,0	A 32,9
	NPK mi	B 28,4	A 35,0	B 27,0	A 33,4
Västraby	NPK	A 29,2	A 37,6	A 25,6	A 34,1
	NPK mi	A 31,1	A 38,9	B 27,2	A 34,6
Örja	NPK	A 32,0	A 36,7	A 27,3	A 34,1
	NPK mi	A 32,1	A 37,2	A 27,6	A 34,6
Ugglarp	NPK	A 27,9	A 33,5	A 25,6	A 32,5
	NPK mi	B 30,2	B 36,0	A 26,4	A 33,2
Ekebo	NPK	A 15,1	A 33,4	A 13,7	A 33,6
	NPK mi	B 30,6	B 36,4	B 27,8	A 34,5

med viss reservation – det är tveksamt att göra regressionsanalys på relativtal. Trots detta kan man utläsa ett mönster.

För Orup, Västraby, Örja och Ugglarp ökade relativtalen med tiden vad avser kärna. Detta indikerar att effekten av koppargödsling ökade med tiden. För Orup var denna utveckling mycket markant för kärnsköörden. Signifikant skillnad förelåg under hela försöksperioden. Under de sista åren blev det missväxt i det ej mikronäringsgödslade ledet. Här var det fråga om en allvarlig bortodling av växttillgänglig koppar i marken. För Fjärdingslöv och Ekebo fanns det inte någon motsvarande ökning av relativtalen., men för Ekebojorden var relativtalen mycket höga under hela försöksperioden. Här var det således fråga om en jord där koppartillståndet var mycket dåligt redan när undersökningen startade. Effekterna av gödsling var generellt mycket mindre i halmsköörderna.

Tabell 2. Relativtal för gödslingseffekterna. NPK = 100
 Table 2. Relative values for the fertilizing effects. NPK=100

Fjärdingslöv			Västraby		
År Year	Kärna Kernel	Halm Straw	År Year	Kärna Kernel	Halm Straw
1974	106	100	1974	101	95
1976	105	98	1976	90	91
1978	107	90	1978	91	88
1980	121	137	1980	113	108
1982	119	111	1982	91	102
1984	106	107	1984	102	102
1986	121	111	1986	114	101
1988	127	102	1988	120	98
1990	110	104	1990	122	108
1992	103	102	1992	131	99

Tabell 3. Relativtal för gödslingseffekterna. NPK = 100
 Table 3. Relative values for the fertilizing effects. NPK=100

Örja			Ugglarp		
År Year	Kärna Kernel	Halm Straw	År Year	Kärna Kernel	Halm Straw
1974	98	102	1974	86	88
1976	94	98	1976	103	102
1978	98	92	1978	107	102
1980	98	100	1980	95	100
1982	95	91	1982	103	107
1984	94	100	1984	100	107
1986	109	104	1986	108	111
1988	102	102	1988	101	106
1990	108	105	1990	123	112
1992	106	103	1992	141	115

Tabell 4. Relativtal för gödslingseffekterna. NPK=100
 Table 4. Relative values for the fertilizing effects. NPK=100

Orup År	<u>Kärna Kernel</u>		<u>Halm Straw</u>	
Year	Rel	log Rel	Rel	log Rel
1974	201	2,30	90	1,95
1976	144	2,16	98	1,99
1978	110	2,04	96	1,98
1980	181	2,26	102	2,01
1982	198	2,30	101	2,00
1984	103	2,01	107	2,03
1986	3892	3,59	258	2,41
1988	126	2,10	109	2,04
1990	748	2,87	80	1,90
1992	3148	3,50	126	2,10

Tabell 5. Relativtal för gödslingseffekterna. NPK=100
 Table 5. Relative values for the fertilizing effects. NPK=100

Ekebo År	<u>Kärna Kernel</u>		<u>Halm Straw</u>	
Year	Rel	log Rel	Rel	log Rel
1974	613	2,79	93	1,97
1976	1468	3,17	99	2,00
1978	136	2,11	105	2,02
1980	307	2,49	114	2,06
1982	159	2,20	103	2,01
1984	115	2,06	119	2,08
1986	251	2,40	86	1,93
1988	428	2,63	111	2,05
1990	308	2,49	91	1,96
1992	917	2,96	131	2,12

Kopparhalter och kopparupptag

Det har redan klargjorts att kärlförsöket gödslades två gånger med mikronäringsämnen, nämligen åren 1974 och 1976. Totalt tillfördes 4,55 mg koppar per kärl. Det skördade växtmaterialet analyserades sporadiskt. Endast tre år, 1988, 1990 och 1992, analyserades både kärna och halm. Denna sammanställning beaktar endast dessa år. Utifrån dessa analysdata gjordes approximationer så att hela försöksperioden innefattades. Kopparanalyserna gjordes försöksledsvis, d.v.s. prover från parallellkärl slogs samman före analys.

Kopparhalterna för de tre nämnda åren redovisas i tabell 6. Data avser medeltal för båda växtföljderna. Kopparhalterna var undantagslöst mycket högre i mikronäringsgödslade led. Detta gällde både kärna och halm. I de gödslade leden hamnade de i närheten av de värden som Svanberg (1969) angav. På Orup och Ekebo erhöles ju stora gödslings effekter vad avser kärnskördarna (tabell 1). Kärnans kopparhalt i gödslat led skiljde sig föga från de övriga jordarna. Halmens kopparhalt i gödslat led skiljde sig mera mellan jordarna.

Tabell 7 visar kopparupptaget approximerat till hela perioden efter gödslingen. Stora skillnader mellan gödslat och ogödslat led förelåg. Upptaget i ogödslat led var avsevärt lägre på jordarna från Orup och Ekebo än på de övriga jordarna. Tabellen visar att 30 – 50 % av den tillförda kopparn togs upp under de 19 åren efter den första gödslingen.

Gödslings effekter i fältförsöken

Relevansen hos det presenterade kärlförsöksmaterialet testades genom att arkivprov från fältförsöken analyserades. I tabell 8 redovisas veteskördarna i de här aktuella försöksleden för två veteskördar under åren 1971 - 1995. Stora och entydiga NPK-effekter erhöles. De var signifikant skilda från kontrollledet på samtliga platser tabell 9 redovisar kopparhalterna i de analyserade veteproven.

Inga försöksledsvisa skillnader fanns på två av försöksplatserna, nämligen Fjärdingslöv och Örja. På de övriga försöksplatserna var skillnaden mellan försöksleden tydlig – kopparhalterna i NPK-leden var mycket låga (tabell 9). Detta rimmar väl med de Cu-effekter, som erhöles i kärlförsöket vad beträffar kärnskördarnas storlek i Orup och Ekebo. Resultatet från Ugglarp föll

Tabell 6. Cu-halt i kärna och halm i kärlförsöket. Medeltal av 3 år och 2 växtföljder, mg kg⁻¹
 Table 6. Cu-content in kernel and straw in the pot experiment. Average of 3 years and 2 crop rotations, mg kg⁻¹

Jord <i>Soil</i>	Försöksled <i>Treatment</i>	Cu-halt <i>Cu-content</i>	
		Kärna <i>Kernel</i>	Halm <i>Straw</i>
Fjärdingslöv	NPK	1,16	1,97
	NPK mi	3,02	2,16
Orup	NPK	1,00	0,73
	NPK mi	3,25	1,63
Västraby	NPK	0,88	1,05
	NPK mi	3,48	2,30
Örja	NPK	1,05	1,13
	NPK mi	2,88	1,93
Uggarp	NPK	0,93	0,84
	NPK mi	3,38	1,86
Ekebo	NPK	0,94	0,71
	NPK mi	3,09	1,70

utanför mönstret. Även här erhöles mycket låga kopparhalter i NPK-ledet. Denna utarmning var inte lika uttalad i kärlförsöket vad avser kopparhalten i kärnskördarna. I detta försök var kopparhalten i ej mikronäringsgödslet led ungefär lika hög i samtliga jordar (tabell 6).

I tabell 10 redovisas Cu-skördarna beräknade med hjälp av skördedata från tabell 8 och Cu-halterna i de analyserade höstveteproven (tabell 9). På Fjärdingslöv och Örja var Cu-upptaget avsevärt större i NPK-ledet än i kontroll-ledet. På övriga försöksplatser var Cu-upptaget större i kontrollledet än i de NPK-gödslande. Detta är en signal om utarmning av kopparförrådet. Denna utarmning återspeglas dock inte i fältförsökets kärnskörd på samma sätt som förekom i Orup och Ekebo i kärlförsöket (tabell 1). Återigen visade det sig att de baltiska moränerna var motståndskraftiga mot utarmning.

Tabell 7. Upptag av Cu under perioden efter Cu-gödsling i kärkförsöket
 Table 7. Uptake of -Cu during the period after Cu-fertilization

Jord Soil	Försöksled Treatment	Total-Cu Total-Cu	Gödsel-Cu Fertilizer-Cu	
			mg kär ¹ mg pot ¹	% av tillf. % of supply
Fjärdingslöv	NPK	1,67		
	NPK mi	3,02	1,35	29,7
Orup	NPK	0,63		
	NPK mi	3,02	2,39	52,5
Västraby	NPK	1,05		
	NPK mi	2,99	1,94	42,6
Örja	NPK	1,26		
	NPK mi	2,83	1,57	34,5
Ugglarp	NPK	1,01		
	NPK mi	3,27	2,26	49,7
Ekebo	NPK	0,67		
	NPK mi	2,90	2,23	49,0

Tabell 8 .Fältförsöksskördar av höstvet i bördighetsförsöken. Medeltal av två skör-
 dar, kg ha⁻¹

Table 8 .Field experimental yields in the soil fertiltiy trials.Average of two harvests,
 kg ha⁻¹

Försöksplats Experimental site	Försöksled Treatment	Kärnskörd Yield of kernel
Fjärdingslöv	0	2070
	NPK	6230*
Orup	0	1850
	NPK	4850*
Örja	0	2520
	NPK	6600*
Ugglarp	0	1630
	NPK	4800*
Ekebo	0	2230
	NPK	4970*

*Statistiskt säker effekt Statistical significance

Tabell 9. Cu-halten i kärnskördar från bördighetsförsöken. Medeltal från två höstveteskördar, mg kg⁻¹
 Table 9. Cu-content of kernel from the fertility trials. Average from two winter wheat harvests, mg kg⁻¹

Försöksplats <i>Experimental site</i>	Försöksled <i>Treatment</i>	Cu-halt <i>Cu-content</i>
Fjärdingslöv	0	2,66
	NPK	2,54
Orup	0	3,95
	NPK	0,93*
Örja	0	2,70
	NPK	2,22
Ugglarp	0	3,58
	NPK	0,80*
Ekebo	0	2,69
	NPK	0,78*

*Statistiskt säker effekt *Statistical significance*

År 1999 uttogs jordprov för analys av Cu-halten. Jorden extraherades med 2 M varm HCl. Resultaten av dessa analyser framgår av tabell 11. Återigen skiljde sig de baltiska moränerna från de övriga jordarna. De förstnämnda jordarna hade i det närmaste dubbelt så hög Cu-halt i jorden. Enligt gängse rekommendationer var Cu-tillståndet gott i Fjärdingslöv och Örja, men underoptimalt på övriga jordar. Detta återspeglas knappast i fältförsökens kärnskördar (tabell 8). Dessa var goda i de NPK-gödslade leden på alla jordar. Kopparmängden har beräknats med 20 cm matjordsdjup och volymvikten 1.25. Det är anmärkningsvärt att kopparupptaget var större i kontrollledet än i NPK-ledet (tabell 10). Det må också påpekas att det är endast en mycket liten del av totala innehållet i jorden (< 0.1%) som togs upp av grödan. Detta gäller alla jordar.

Tabell 10. Cu-skörd i kärnan från bördighetsförsöken, g ha⁻¹
 Table 10. Cu-yield in the kernel of the fertility trials, g ha⁻¹

Försöksplats <i>Experimental site</i>	Försöksled <i>Treatment</i>	Cu-skörd <i>Cu-yield</i>
Fjärdingslöv	0	4,56
	NPK	13,69
Orup	0	6,15
	NPK	3,81
Örja	0	5,82
	NPK	12,62*
Ugglarp	0	5,10
	NPK	3,28
Ekebo	0	5,08
	NPK	3,22

*Statistiskt säker effekt *Statistical significance*

Tabell 11. Resultat av jordanalys i bördighetsförsöken, Cu-halt, mg kg⁻¹, och Cu-mängd, g ha⁻¹. Medeltal av 2 samrutor och 2 växtföljder
 Table 11. Result of soil analysis in soil fertility experiments, Cu-content, mg kg⁻¹ and amount of Cu, g ha⁻¹. Average of 2 replicates and 2 crop rotations

Jord <i>Soil</i>	Förs.led <i>Treatment</i>	Cu-halt. <i>Cu-content</i>	Cu-mängd <i>Amount of Cu</i>
Fjärdingslöv	0	9,3	23
	NPK	8,7	22
Orup	0	4,2	11
	NPK	4,1	10
Örja	0	9,6	24
	NPK	10,3	26
Ugglarp	0	4,8	12
	NPK	4,3	11
Ekebo	0	5,8	15
	NPK	5,9	15

Diskussion

Redan vid mitten av 1800-talet var det känt att koppar är ett nödvändigt växtnäringssämne. Bevis för detta framlades omkring 1830. Man blev klar över att markens kopparförråd kunde vara för litet för grödornas behov. I Sverige blev det mulljordarna, som först kom i fokus när det gällde kopparbrist (Lundblad, 1939). Gisselås blev den försöksgård dit försöken koncentrerades. Men försöksverksamhet visade snart att grödan kan lida av kopparbrist också på fastmarksjordar (Stenberg et al., 1949; Lundblad & Johansson, 1956). Kopparbrist leder till uppkomst av gulspetssjuka hos stråsäd.

Huvudsyftet med föreliggande rapport var att klargöra om intensiv växtodling, som följd av riklig NPK-gödsling kan leda till utarmning av kopparförrådet.

Resultaten från kärlförsöket visade att försöksjordarna reagerade olika för långvarig, intensiv odling. Kopparbrist, här registrerat som effekt av koppargödsling i kärlförsöket, inträffade tydligt på två av jordarna. I litteraturen finns uppgifter om hur olika markfaktorer påverkar koppartillståndet (Stenberg et al., 1949, Lundblad & Johansson, 1956). Således fann man att hög lerhalt innebar att koppartillgången var tillräcklig. Någon samband mellan pH-värde och koppartillstånd fann man inte. Ingen av dessa faktorer synes kunna förklara de mycket stora effekter, som erhöles på ett par av jordarna i kärlförsöket. Det ligger närmare till hands att hänföra skillnaden mellan jordar till de bergarter, som utgjorde modernmaterial till de lösa avlagringarna. Därvid framstår Orup, Ugglarp och Ekebo som fattiga moränjordar – skifferurbergsmorän, urbergsmorän och nordvästmorän (Jansson, 1974; Ivarson & Bjarnason, 1988). Jorden från Ugglarp reagerade dock inte lika tydligt som jordarna från Orup och Ekebo. De goda jordarna utgjorde baltiska leror (Fjärdingslöv och Örja) samt ishavslera (Västraby). På dessa hade koppargödslingen ingen större effekt.

Det var på kärnsörden som de stora effekterna av koppargödsling erhöles. Halmsörden påverkades inte lika tydligt. Detta är ett välkänt fenomen. Vid kopparbrist svarar stråsådesplantan med att skjuta nya skott medan axbildningen uteblir. Halmsörden blir därför nästan normal. Motsvarande effekt erhöles i vallgräs. Det är ju den vegetativa delen som man tar tillvara. För gräsen har man i stället pekat på att djurens kopparförsörjning kan äventyras vid kopparbrist (Stenberg et al., 1949).

Effekten av koppargödsling varierade från år till år. Även detta är i överensstämmelse med tidigare erfarenheter från fältförsöksresultat. De skördar som

togs i de fältförsök som ingick parallellt i undersökningen visade inte alls några tecken på missväxt som följd av kopparbrist. Detta kunde förstås inte testas fullt ut eftersom det inte ingick något led med koppargödsling, men skördarna som togs i NPK-gödslade led var tämligen normala.

Analysen utnyttjades för att reda ut orsakssammanhangen. Det dröjde ganska länge innan lämpliga analysmetoder blev tillgängliga. Nydal (1939) utarbetade en metod för bestämning av kopparhalten i vegetationsprov och Lundblad et al. (1949) presenterade en metod för jordanalys. Metoderna byggde på uppslutning med salpetersyra och överklorsyra. Under senare år utförs jordanalysen efter extraktion med varm 2 M HCl. Även om de båda metoderna löser ut ungefär lika mycket koppar ur jorden kan de inte med säkerhet sägas vara likvärda. Den kopparhalt i jorden som anses vara nödvändig svarar mot en långt större mängd koppar än vad grödan tar upp. Det är tydligen endast en mindre fraktion av den analyserade mängden som är direkt växttillgänglig. Någon analysmetod för att fånga in denna fraktion finns inte. En stor del av fraktionen i fråga torde bestå av koppar komplexbundet till organiska föreningar. Större delen av kopparn i markvätskan föreligger i denna form.

Effekterna av koppargödsling i kärnförsöket var mycket tydliga både vad gäller kärnans och halmens kopparhalt. Däremot var inte kopparhalten påtagligt lägre i de ej mikronäringsgödslade leden på bristjordarna. De var låga på alla jordarna

I fältförsöket ingick inga koppargödslade led. I stället jämfördes två olika försöksled – med och utan NPK. Några tydliga effekter på kärnaskördarnas storlek som kunde hänföras till kopparbrist fanns inte. Däremot var analysdata mycket tydliga i detta avseende. På de jordar som ovan betecknats som svaga var höstvetekärnans kopparhalt i de NPK-gödslade leden mycket låg. Det är alltså fråga om en utarmningseffekt som följd av stora skördeuttag under lång tid. På de baltiska moränerna fanns inte denna effekt. Det är anmärkningsvärt att upptaget av koppar var lägre i NPK-gödslade led trots att skörden var mycket större än i kontrollleden. Detta accentuerar ytterligare risken för en svår bristsituation, som kan uppträda på de svaga jordarna i en snar framtid med gulspetssjuka och låga skördar i NPK-leden som följd.

Den erhållna effekten på skördens kopparhalt rimmar väl med de jordanalyser, som utfördes på jordprover uttagna år 1999. På de svaga jordarna låg halten under de 8 mg.kg^{-1} , som anses behövliga för att ingen brist ska föreligga. Däremot fanns ingen skillnad vad avser jordanalysen mellan de båda gödslingsalternativen (ogödslat resp. NPK-gödslat). En sådan skillnad erfor man ju när det gäller kopparupptaget med kärnan (fältförsöket). Det

stärker teorin om att det är en mindre fraktion, som förser växten med koppar. På den totala halten slår variationen i den växttillgängliga fraktionen inte igenom. På de baltiska moränerna låg halten på betryggande nivå. Man kan dra slutsatsen att den allmänt accepterade halten på 6-8 mg.kg⁻¹ är ett gott mått för att bedöma gödslingsbehovet med koppar. Hela denna mängd är inte omedelbart växttillgänglig, men den är tillräcklig stor för att den växttillgängliga fraktionen ska kunna trygga koppartillgången för grödan.

Regressionslinjen för Orup bekräftade att kopparbristen ökade kraftigt över tiden. Det var ju fråga om missväxt under de sista åren. För Ekebo var det närmast missväxt under hela försöksperioden efter koppargödslingen. Därför hade linjen ingen lutning. Om utarmningen skett under de inledande åren, när ingen gödsling skedde, eller om koppartillståndet var dåligt, redan när försöket startades, går inte att uttala sig om. För några av de övriga jordarna fann man att relativtalen ökade något över tiden. Det är tveksamt om det är fråga om en verklig utarmning. Det kan vara så att den växttillgängliga fraktionen i marken inte hann komma i jämvikt med det totala kopparförrådet mellan åren.

Konklusion

Olika jordarter motstår utarmning vad avser koppar i olika utsträckning. Jordar, vars modernmaterial utgöres av fattiga bergarter riskerar utodling av kopparförrådet i högre utsträckning än rikare jordar. De baltiska moränerna är exempel på tåliga jordar.

Om brist föreligger förstärks bristen över tiden om man tar stora skördar. Stora skördar påskyndar uppkomst av kopparbrist.

Koppargödsling verkar effektivt och snabbt för att avhjälpa brist. Kopparhalten i kärna och halm ökar kraftigt efter koppargödsling.

Om kopparhalten i jorden avsevärt understiger rekommenderad halt, föreligger risk för att allvarlig kopparbrist utvecklas med skördedepression som följd.

Anslag för undersökningen har lämnats av Stiftelsen Svensk Växtnäringsforskning

Litteratur

- Carlgren, K. & Mattsson, L. 2001. Swedish soil fertility experiments. *Acta Agric. Scand. Sect B. Soil and Plant Sci* 51, 49-78
- Ivarsson, K. & Bjarnason, S. 1988. The long-term soil fertility experiments in southern Sweden. *Acta Agric. Scand.* 38, 137-143.
- Jansson, S.L. 1975. Bördighetsstudier för markvård. KSLAT. Suppl. 10.
- Lundblad, K. 1939. Gulspetssjukan på Gisselås. Sv. Vall- och Mosskultur Föreningen Medd. 2
- Lundblad, K., Svanberg, O. & Ekman, P. 1949. The availability and fixation of copper in Swedish soils. *Plant and Soil* I, no 4, 277-302.
- Lundblad, K. & Johansson, O. 1956. Resultat av de senaste årens svenska mikroelementförsök I. Försök med koppar. Statens Jordbruksförsök Medd. 2.
- Stenberg, M., Ekman, P., Lundblad, K. & Svanberg, O. 1949. Om kopparhalt i jord och vegetation och resultat av fleråriga gödslingsförsök i koppar. Medd. från Kungl. Lantbruksakademiens Vetenskapsavdelning no. 4
- Svanberg, O. 1969. De svenska skördeprodukternas innehåll av växtnäringsämnen. Statens Lantbrukskemiska Laboratorium. Medd. 37.

Bilaga 1. Effekt av Cu-gödsling under de enskilda åren. Fjärdingslöv, g kär¹
Appendix 1. Effect of Cu-fertilization in the individual years. Fjärdingslöv, g pot¹

År <i>Year</i>	Försöksled <i>Treatment</i>	Växtföljd I <i>Crop rotation I</i>		Växtföljd II <i>Crop rotation II</i>	
		Kärna <i>Kernel</i>	Halm <i>Straw</i>	Kärna <i>Kernel</i>	Halm <i>Straw</i>
1974	NPK	24,7	31,8	19,2	25,1
	NPK mi	23,0	28,2	22,9	24,4
1976	NPK	32,9	46,1	29,1	41,2
	NPK mi	34,3	43,9	30,6	41,5
1978	NPK	32,2	30,4	22,9	25,3
	NPK mi	30,9	32,0	26,8	26,6
1980	NPK	39,7	56,1	25,6	45,3
	NPK mi	42,1	58,7	34,5	54,2
1982	NPK	28,0	29,6	20,0	23,8
	NPK mi	28,4	30,2	27,3	28,7
1984	NPK	41,0	57,7	32,9	49,6
	NPK mi	43,3	62,3	34,4	52,7
1986	NPK	27,0	25,2	21,9	24,0
	NPK mi	28,8	27,2	29,3	27,0
1988	NPK	29,7	38,9	26,1	36,5
	NPK mi	28,4	35,0	26,5	36,9
1990	NPK	24,2	22,8	19,9	20,7
	NPK mi	25,1	22,4	23,1	22,5
1992	NPK	35,2	34,5	28,3	31,6
	NPK mi	36,0	34,4	29,5	32,7

Bilaga 2. Effekt av Cu-gödning under de enskilda åren. Orup, g kg^{-1}
 Appendix 2 . Effect of Cu-fertilisation in the individual years. Orup, g pot^{-1}

År Year	Försöksled Treatment	Växtföljd I Crop rotation I		Växtföljd II Crop rotation II	
		Kärna Kernel	Halm Straw	Kärna Kernel	Halm Straw
1974	NPK	13,4	20,1	5,1	21,7
	NPK mi	11,6	15,6	16,3*	21,6
1976	NPK	8,5	25,3	21,5	36,3
	NPK mi	14,0	25,1	26,5	35,3
1978	NPK	24,8	27,9	21,4	25,0
	NPK mi	18,3	23,6	24,7	26,5
1980	NPK	24,7	54,7	13,9	48,1
	NPK mi	37,8*	57,2	29,8*	47,7
1982	NPK	11,8	31,0	17,9	28,5
	NPK mi	28,7*	29,8	27,4*	30,1
1984	NPK	41,3	54,4	35,7	52,4
	NPK mi	42,9	59,2	36,1	55,0
1986	NPK	0,4	13,6	11,2	29,3
	NPK mi	30,1*	57,8*	28,9*	26,4
1988	NPK	30,2	37,0	19,3	36,0
	NPK mi	30,7	41,3	28,7*	38,9
1990	NPK	3,3	31,9	4,0	27,0
	NPK mi	29,8*	24,1*	23,7*	22,5
1992	NPK	2,4	29,8	0,1	24,6
	NPK mi	40,3*	38,4*	27,7*	30,3

Bilaga 3. Effekt av Cu-gödsling under de enskilda åren. Västraby, g kär⁻¹
Appendix 3. Effect of Cu-fertilization in the individual years. Västraby, g pot⁻¹

År Year	Försöksled Treatment	Växtföljd I Crop rotation I		Växtföljd II Crop rotation II	
		Kärna Kernel	Halm Straw	Kärna Kernel	Halm Straw
1974	NPK	27.6	33.8	25.7	30.0
	NPK mi	28.0	30.7	25.6	29.1
1976	NPK	37.1	54.1	30.6	44.6
	NPK mi	30.8	47.8*	29.7	41.9
1978	NPK	29.5	33.1	27.2	27.8
	NPK mi	22.9	24.9*	25.9	27.8
1980	NPK	36.5	51.6	25.8	46.5
	NPK mi	39.7	55.4	29.9*	50.3*
1982	NPK	26.7	28.3	23.4	25.4
	NPK mi	24.3	26.5	21.4	24.3
1984	NPK	46.1	61.6	31.2	52.4
	NPK mi	44.5	60.7	34.9*	55.1
1986	NPK	25.9	28.3	23.8	26.7
	NPK mi	30.5	29.7	28.0*	25.8
1988	NPK	20.8	37.7	25.2	36.8
	NPK mi	28.9*	37.8	25.5	36.4
1990	NPK	19.2	22.1	17.5	20.4
	NPK mi	23.9	23.1	20.9*	22.6
1992	NPK	23.6	36.1	25.8	30.6
	NPK mi	34.1*	33.2	30.4*	32.6

Bilaga 4. Effekt av Cu-gödsling under de enskilda åren. Örja, g kär⁻¹
 Appendix 4. Effect of Cu-fertilization in the individual years. Örja, g pot⁻¹

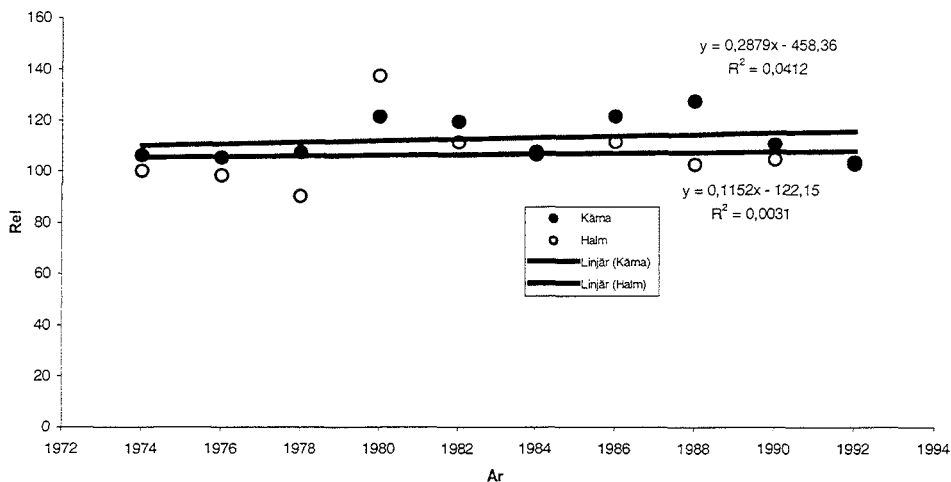
År Year	Försöksled Treatment	Växtföljd I Crop rotation I		Växtföljd II Crop rotation II	
		Kärna Kernel	Halm Straw	Kärna Kernel	Halm Straw
1974	NPK	27,5	29,1	26,4	29,0
	NPK mi	26,5	28,8	26,3	27,9
1976	NPK	33,3	49,2	26,5	45,5
	NPK mi	30,5	47,0	25,3	45,7
1978	NPK	27,3	29,2	27,4	29,1
	NPK mi	26,9	25,4	26,2	28,3
1980	NPK	39,6	54,2	23,4	41,0
	NPK mi	38,8	54,5	22,7	40,2
1982	NPK	28,3	27,3	28,1	28,5
	NPK mi	26,7	25,0	25,0	25,5
1984	NPK	43,8	59,8	33,3	49,7
	NPK mi	44,8	59,7	29,0*	49,1
1986	NPK	26,7	25,9	29,6	28,6
	NPK mi	30,2	27,5	31,5	28,8
1988	NPK	33,4	40,0	29,1	38,9
	NPK mi	31,9	41,1	31,2	39,2
1990	NPK	24,9	21,9	23,4	23,7
	NPK mi	26,8	22,7	25,2	25,0
1992	NPK	35,8	35,3	28,8	32,0
	NPK mi	37,7	35,6	30,6	33,7

Bilaga 5. Effekt av Cu-gödsling under de enskilda åren. Ugglarp, g kär¹
 Appendix 5. Effect of Cu-fertilization in the individual years. Ugglarp, g pot¹

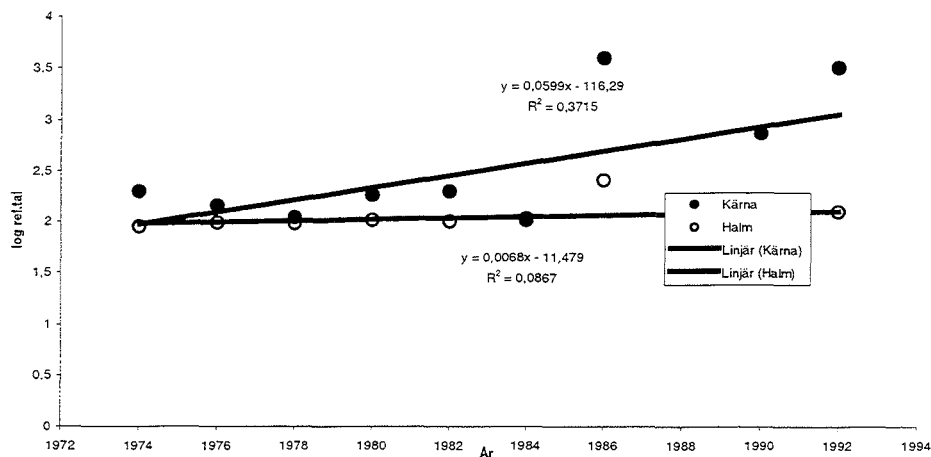
År Year	Försöksled Treatment	Växtföljd I Crop rotation I		Växtföljd II Crop rotation II	
		Kärna Kernel	Halm Straw	Kärna Kernel	Halm Straw
1974	NPK	13,8	18,8	13,8	18,3
	NPK mi	12,1	15,6	11,6	17,1
1976	NPK	17,0	24,4	22,6	31,3
	NPK mi	17,3	25,3	23,4	31,0
1978	NPK	25,9	28,2	21,9	28,0
	NPK mi	28,6	31,0	22,5	26,4
1980	NPK	39,1	53,7	28,9	49,1
	NPK mi	34,6	53,8	29,5	49,0
1982	NPK	28,5	29,5	28,6	31,4
	NPK mi	30,2	35,0*	28,7	29,5
1984	NPK	45,3	61,8	35,3	51,1
	NPK mi	47,1	65,3	33,3	55,0*
1986	NPK	29,3	24,5	28,3	25,8
	NPK mi	30,8	28,3	31,5	27,1
1988	NPK	35,7	40,6	29,3	37,7
	NPK mi	38,1	43,2	27,6	38,8
1990	NPK	21,3	22,2	20,5	22,5
	NPK mi	25,6	25,8	25,8*	24,4
1992	NPK	23,0	31,7	27,1	30,2
	NPK mi	38,1*	37,3*	30,7	33,5*

Bilaga 6. Effekt av Cu-gödsling under de enskilda åren. Ekebo, g kär¹
 appendix 6. Effect of Cu-fertilization in the individual years. Ekebo, g pot¹

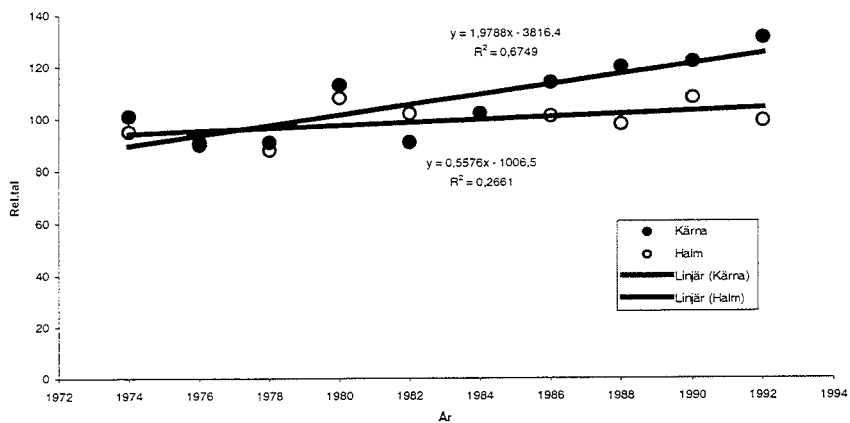
År Year	Försöksled Treatment	Växtföljd I Crop rotation I		Växtföljd II Crop rotation II	
		Kärna Kernel	Halm Straw	Kärna Kernel	Halm Straw
1974	NPK	2,1	21,2	7,9	31,6
	NPK mi	20,1*	20,8	21,2*	27,0*
1976	NPK	0,8	31,0	19,9	45,1
	NPK mi	22,3*	31,9	29,5*	42,6
1978	NPK	28,9	31,3	17,9	27,1
	NPK mi	31,3	32,8	27,2*	28,5
1980	NPK	31,8	48,7	6,2	43,1
	NPK mi	40,0*	57,2*	29,7*	46,9
1982	NPK	13,4	31,7	22,7	25,3
	NPK mi	27,2*	29,1	25,9	28,6
1984	NPK	38,1	49,4	27,4	45,7
	NPK mi	47,4*	65,8*	28,6	48,9
1986	NPK	0,0	31,4	11,7	29,7
	NPK mi	27,9*	26,9	29,4*	25,5
1988	NPK	5,2	36,9	12,9	34,1
	NPK mi	32,8*	41,6	29,0*	37,2
1990	NPK	8,0	29,9	8,5	26,1
	NPK mi	25,4*	25,3	25,3*	25,3
1992	NPK	23,3	22,9	1,9	28,4
	NPK mi	32,1*	32,3*	32,2*	34,5*



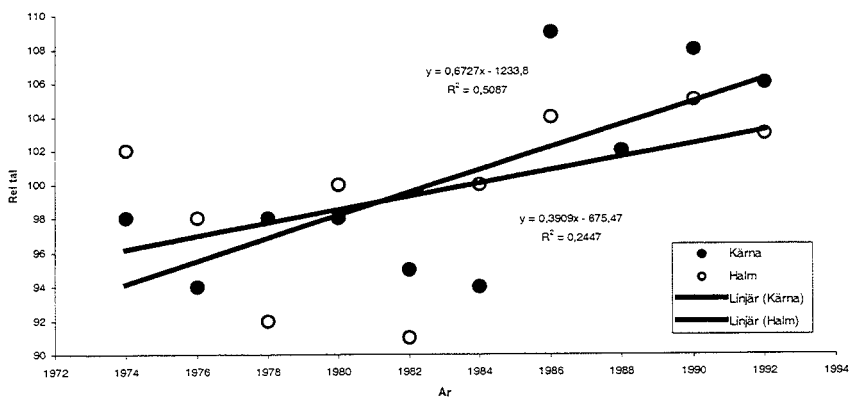
Bilaga 7. Fjärdingslöv. Relativa skördar. Medeltal av två växtföljder. Ogödslat=100
 Appendix 7. Fjärdingslöv. Relative yields. Average of two crop rotations. Not fertilized=100



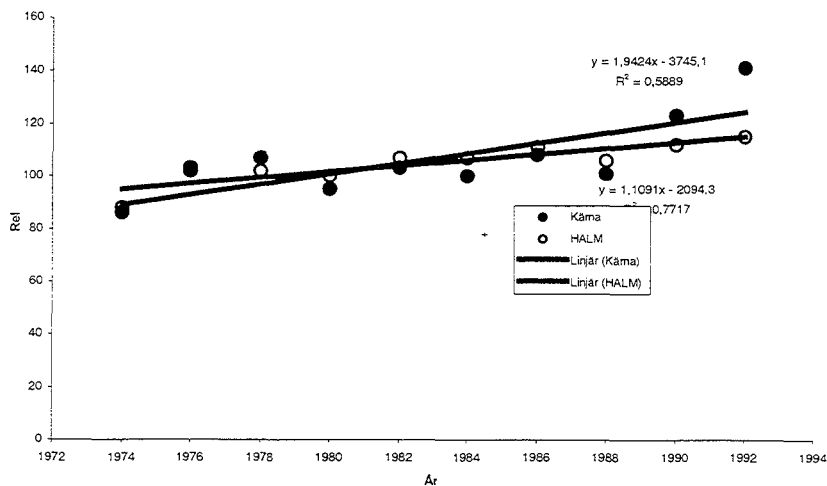
Bilaga 8. Orup. Log relativa skördar. Medeltal av två växtföljder. Ogödslat=100
 Appendix 8. Orup. Log relative yields. Average of two crop rotations. Not fertilized=100



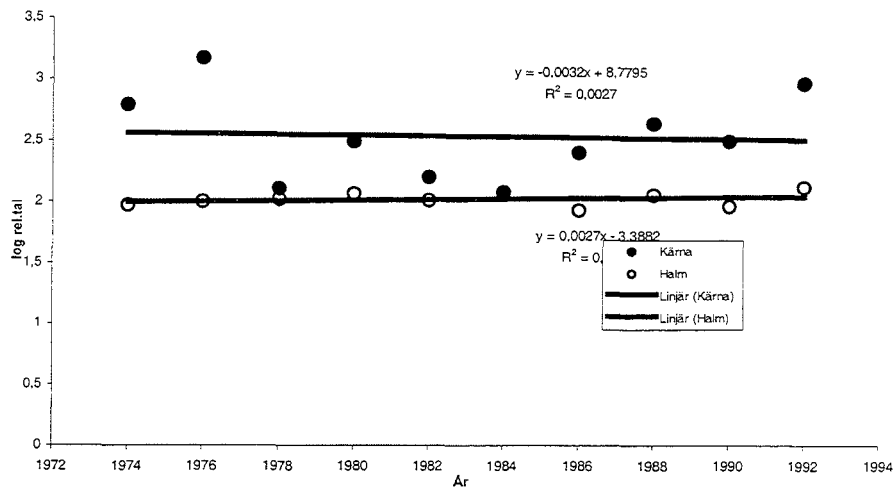
Bilaga 9. Västraby. Relativa skördar. Medeltal av två växtföljder. Ogödslat =100
Appendix 9. Västraby. Relative yields. Average of two crop rotations. Not fertilized = 100



Bilaga 10. Örja. Relativa skördar. Medeltal av två växtföljder. Ogödslat=100
Appendix 10. Örja. Relative yields. Average of two crop rotations. Not fertilized=100



Bilaga 11. Ugglarp. Relativa skördar. Medeltal av två växtföljder. Ogödslat=100
Appendix 11. Ugglarp. Relative yields. Average of two crop rotations. Not fertilized=100



Bilaga 12. Ekebo. Log relativa skördar. Medeltal av två växtföljder. Ogödslat=100
Appendix 12. Ekebo. Log relative yields. Average of two crop rotations. Not fertilized=100

Förteckning över samtliga rapporter
erhålls kostnadsfritt. I mån av tillgång
kan tidigare nummer köpas från
avdelningen.

A list of all reports can be obtained free of
charge. If available, issues can be bought
from the division.

- | | | |
|-----|------|--|
| 181 | 1991 | Lars Gunnar Nilsson: Nitrifikationshämmare - flytgödsel.
<i>Nitrification inhibitors - slurry.</i> |
| 182 | 1991 | Lennart Mattsson: Nettomineralisering och rotproduktion vid odling av
några vanliga lantbruksgrödor.
<i>Nitrogen mineralization and root production in some common arable crops.</i> |
| 183 | 1991 | Magnus Hahlin: Kaliumgödslingseffektens beroende av balansen mellan
kalium och magnesium. II. Fältförsök, serie R3-8024.
<i>Influence of K/Mg-ratios on the effect of potassium fertilization. Field ex-
periments R3-8024.</i> |
| 184 | 1991 | Käll Carlgren: Skördeeffekter och pH-inverkan av fem kvävegödselmedel
studerade i ett långliggande fältförsök.
<i>Influence on yield and soil pH-value from five nitrogen fertilizers studied in
a long-term field trial.</i> |
| 185 | 1992 | Enok Haak och Gyula Simán: Fältförsök med Øyeslagg.
<i>Field experiments with Øyeslagg.</i> |
| 186 | 1992 | Lennart Mattsson: Effekter av halm- och kvävetillförsel på multhalt, kväve-
balans och skörd i ett långliggande fältförsök i Uppland.
<i>Effects on soil organic matter content, N balance and yield of straw and N
additions in a long term experiment in Central Sweden.</i> |
| 187 | 1992 | Lars Gunnar Nilsson och Magnus Hahlin: Modell för beräkning av växttill-
gänglig fosfor-P-AL på basis av ICP-analys.
<i>A model for calculation of plant available phosphorus in soil according to
AL/standard and AL/ICP.</i> |
| 188 | 1992 | Enok Haak och Gyula Simán: Fältförsök med kalkning av fastmarksjordar
till olika basmättnadsgrad.
<i>Field experiments with liming of mineral soils to different base saturation.</i> |
| 189 | 1992 | Lennart Mattsson och Tomas Kjellquist: Kvävegödsling till höstveten på går-
dar med och utan djurhållning.
<i>Nitrogen fertilization of winter wheat on farms with and without animal hus-
bandry.</i> |
| 190 | 1992 | Christine Jakobsson och Börje Lindén: Kväveeffekter av stallgödsel på
lerjordar.
<i>Nitrogen effects of manure on clay soils.</i> |

- 191 1992 Magnus Hahlin och Erik Svensson: Radmyllning av NPK till fabrikspotatis. Resultat från försöksserie FK-1290. Samarbetsprojekt mellan Försöksavdelningen för växtnäringslära och Fabrikspotatiskommittén.
Placed application of NPK fertilizer to starch potatoes. Results from field experiment project FK-1290.
- 192 1993 Enok Haak: Fältförsök med kalkning av fastmarksjordar i Norrland.
Field experiments with liming of mineral soils in North Sweden.
- 193 1994 Barbro Beck-Friis, Börje Lindén, Håkan Marstorp och Lennart Henriksson: Kväve i mark och grödor i odlingssystem med fånggrödor. Undersökningar på en sandjord i södra Halland.
Nitrogen in soil and crops in cropping systems with catch crops. Studies on a sand soil in Halland in south-west Sweden.
- 194 1994 Enok Haak, Börje Lindén & Per Johan Persson: Kväveflöden i olika odlingssystem. Försök på Lanna, Skaraborgs län.
Nitrogen flow in different cultivation systems. A field experiment at Lanna Research Station in south-west Sweden.
- 195 1995 Käll Carlgren & Jan Persson: Fält-, kärl- och laboratorie-undersökningar med Phosforkalk från Karlshamn.
Field, Pot and Laboratory Experiments with Phosforkalk from Karlshamn Ltd.
- 196 1995 Lennart Mattsson: Skördevariationer inom enskilda fält. Storlek och tänkbara orsaker.
Yield variations within individual fields. Magnitude and possible reasons.
- 197 1996 Käll Carlgren: Två fältförsök med jämförelse mellan konventionell och ekologisk fosforgödsling.
Two Field Experiments with Comparison between Conventional and Ecological Phosphorus Fertilization.
- 198 1997 Enok Haak & Gyula Simán: Effekter av kalkning och NPK-gödsling i sju långvariga försök i fält, 1962-92.
Effects of liming and NPK-fertilization in seven long term field experiments, 1962-92.
- 199 1998 Börje Lindén, Käll Carlgren & Lennart Svensson: Kväveutnyttjande på en sandjord i Halland vid olika sätt att sprida svinflytgödsel till stråsäd.
Nitrogen utilization on a sandy soil after application of pig slurry to cereal crops with different techniques.

- 200 1999 Enok Haak: Vädrets och kvävegödslingens inverkan på växtproduktion och näringsupptag i bördighetsförsöket R3-9008, 1985-1992.
Influence of weather and N-fertilization on DM-yield and nutrient uptake in the fertility experiment R3-9008, 1985-1992.
- 201 1999 Lennart Mattsson: Mullhalt och kväve mineralisering i åkermark.
Soil organic matter and N mineralization in arable land
- 202 2001 Lennart Mattsson, Thomas Börjesson, Kjell Ivarsson & Kjell Gustafsson.
Utvidgad tolkning av P-AL för mark- och skördeanpassad fosforgödsling.
Extended interpretation of labile P for soil and yield related P fertilization.
- 203 2003 Käll Carlgren: Länsförsök med koppargödsling 1971-73.
Regional field experiments with copper fertilization 1971-73.
- 204 2003 Jan Persson & Käll Carlgren: Långsiktig verkan hos markens kopparförråd.
Long-term copper maintenance.

I denna serie publiceras forsknings- och försöksresultat från avdelningen för växtnäringslära, Sveriges lantbruksuniversitet. Serien finns tillgänglig vid avdelningen och kan beställas därifrån.

This series contains reports of research and field experiments from the Division of Soil Fertility, Swedish University of Agricultural Sciences. The series can be ordered from the Division of Soil Fertility.

DISTRIBUTION:

Sveriges Lantbruksuniversitet
Avd. för växtnäringslära

750 07 UPPSALA
Tel 018-671249
